



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**  
**DE 43 12 587 A 1**

⑥1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 02 M 45/02**  
F 02 M 51/04  
F 02 D 41/30  
// F 02D 41/40

②1 Aktenzeichen: P 43 12 587.5  
②2 Anmeldetag: 17. 4. 93  
④3 Offenlegungstag: 20. 10. 94

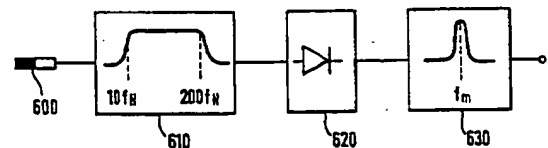
DE 43 12 587 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Grob, Ferdinand, Dipl.-Ing., 7122 Besigheim, DE;  
Maienberg, Uwe, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE;  
Scherrbacher, Klaus, Dipl.-Ing. (FH), 7345  
Deggingen, DE

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems

⑤7 Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems insbesondere einer Hochdruckkraftstoffpumpe beschrieben. Ein elektrisch betätigbares Ventil legt die in die Brennkraftmaschine einzuspritzende Kraftstoffmenge fest. In bestimmten Betriebszuständen ist die Totzeit des Kraftstoffeinspritzsystems ermittelbar. Zur Bestimmung der Totzeit wird die Ansteuerdauer der Voreinspritzung mit definierter Frequenz und Amplitude zeitlich moduliert und ausgehend von einem kleinen Wert, bei dem keine Voreinspritzung erfolgt, erhöht, bis anhand des Ausgangssignals eines Sensors eine erfolgte Voreinspritzung erkannt wird.



DE 43 12 587 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Kraftstoffeinspritzsystems gemäß den Oberbegriffen der Hauptansprüche.

Ein solches Verfahren zum Steuern eines Kraftstoffeinspritzsystems ist aus der DE-OS 39 29 747 (US-A 5 070 836) bekannt.

Dort wird ein Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems für eine Hochdruckkraftstoffpumpe beschrieben, bei dem wenigstens ein Magnetventil, die in die Brennkraftmaschine einzuspritzende Kraftstoffmenge festlegt. Die Ansteuerung des Magnetventils erfolgt derart, daß zuerst eine Voreinspritzung und dann eine Haupteinspritzung ausgeführt wird.

Durch Fertigungstoleranzen und Alterungserscheinungen treten Streuungen bei der in den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine eingespritzten Kraftstoffmenge auf. Diese Streuungen bewirken, daß bei der Voreinspritzung bei gleichem Ansteuersignal der Brennkraftmaschine unterschiedliche Kraftstoffmengen zugeführt werden.

Da es sich bei den Voreinspritzmengen nur um sehr geringe Mengen handelt, kann der Fall eintreten, daß bei gleichem Ansteuersignal eine, keine Voreinspritzung oder eine Voreinspritzung mit zu hoher Menge erfolgt. Dadurch gehen die Vorteile der Voreinspritzung bezüglich der Verbrennungsgeräusche verloren, das heißt, es treten wieder verstärkt Verbrennungsgeräusche auf oder es steigt die Rußemission stark an. Da die Streuungen zwischen den einzelnen Zylindern sehr groß sind, kann der Fall eintreten, daß bei einzelnen Zylindern eine korrekte Voreinspritzung erfolgt, bei anderen dagegen keine Voreinspritzung oder eine mit zu großer Menge erfolgt.

Um diese Streuungen auszugleichen, wird beim Stand der Technik in bestimmten Betriebszuständen die Dauer des Ansteuerimpulses für das Magnetventil ermittelt, bei dem gerade die Voreinspritzung einsetzt. Davon ausgehend werden dann Abgleichsignale für Ansteuerimpulse, die die Voreinspritzung bewirken, gebildet und gespeichert. Zur Erfassung des Ansteuerimpulses, bei dem gerade die Einspritzung einsetzt, wird die Dauer des Ansteuerimpulses, ausgehend von einem Ansteuerimpuls, bei dem keine Voreinspritzung erfolgt, solange erhöht, bis anhand eines Rückmeldesignals erkannt wird, daß eine Voreinspritzung erfolgt.

Diese Vorgehensweise besitzt den Nachteil, daß beim Übergang von nicht erfolgreicher zu erfolgreicher Voreinspritzung das ausgewertete Signal sich nur sehr geringfügig ändert. Die Feststellung ab welcher Dauer des Ansteuerimpulses eine Voreinspritzung erfolgt, wird dadurch erschwert.

## Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems der eingangs genannten Art Streuungen in der eingespritzten Kraftstoffmenge zu eliminieren und die Empfindlichkeit des Verfahrens zu verbessern. Diese Aufgabe wird durch die in den Hauptansprüchen gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren und Vorrichtung besitzt demgegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß die Empfindlichkeit des Verfahrens und damit seine Genauigkeit verbessert werden kann.

Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

## Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, Fig. 2 die Ansteuerimpulse, den Kraftstoffdruck und den Hub der Einspritzventilnadel über der Zeit aufgetragen, Fig. 3 den Verlauf des Zylinderdrucks und des Nadelhubs über der Zeit, Fig. 4 ein Frequenzspektrum des Zylinderdrucks, Fig. 5 verschiedene Ansteuersignale, Fig. 6 eine detailliertere Darstellung einer Auswerteschaltung und Fig. 7 ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm der wesentlichen Teile einer Einrichtung zur Kraftstoffeinspritzung in eine Brennkraftmaschine. Die Brennkraftmaschine 10 erhält von der Kraftstoffpumpe 30 eine bestimmte Kraftstoffmenge zugemessen. Verschiedene Sensoren 40 erfassen Meßwerte 15, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine charakterisieren, und leiten diese zu einem Steuergerät 20. Das Steuergerät 20 berechnet ausgehend von den Meßwerten 15 und weiteren Größen 25 Ansteuerimpulse 35, mit denen die Kraftstoffpumpe 30 beaufschlagt wird.

Bei der Brennkraftmaschine 10 handelt es sich vorzugsweise um eine selbstzündende Brennkraftmaschine. Insbesondere umfaßt die Kraftstoffpumpe 30 ein elektrisch betätigbares Ventil. Durch Ansteuern des Ventils kann Beginn und das Ende der Kraftstoffeinspritzung gesteuert werden. Als elektrisch betätigbares Ventil kann beispielsweise ein piezoelektrisch oder ein magnetostriktiv betätigtes Ventil eingesetzt werden. Im folgenden wird dieses elektrisch betätigbare Ventil als Magnetventil bezeichnet.

Das Steuergerät 20 berechnet in bekannter Weise die in die Brennkraftmaschine einzuspritzende Kraftstoffmenge. Diese Berechnung erfolgt abhängig von verschiedenen Meßwerten 15 wie z. B. der Drehzahl, der Motortemperatur, dem tatsächlichen Einspritzbeginn und evtl. noch weiteren Größen 25, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine bzw. des Fahrzeugs charakterisieren. Diese weiteren Größen sind z. B. die Stellung des Fahrpedals oder der Umgebungsluftdruck.

Das Steuergerät 20 setzt dann die gewünschte Kraftstoffmenge in Ansteuerimpulse um. Mit diesen Ansteuerimpulsen wird dann das mengenbestimmende Glied der Kraftstoffpumpe 30 beaufschlagt. Als mengenbestimmendes Glied kann z. B. ein Magnetventil dienen, das so angeordnet ist, daß durch die Öffnungsdauer bzw. die Schließdauer des Magnetventils die einzuspritzende Kraftstoffmenge festgelegt wird.

Das Magnetventil ist beispielsweise in der Hochdruckkraftstoffpumpe so angeordnet, daß während der

Förderphase des Pumpenelements sich im Elementraum der Pumpe nach Schließen des Magnetventils Druck aufbaut, und bei Überschreiten eines bestimmten Druckwerts selbständig die Einspritzung erfolgt. Nach Öffnen des Magnetventils fällt der Druck im Elementraum ab und die Einspritzung wird beendet. Durch kurzzeitiges Schließen und anschließendes Öffnen des Magnetventils in der Förderphase des Pumpenelements kann eine Voreinspritzung vor der eigentlichen Haupteinspritzung erzielt werden.

Vorzugsweise kann für jeden Zylinder eine separate Hochdruckkraftstoffpumpe mit einem die einzuspritzende Kraftstoffmenge bestimmenden Magnetventil vorgesehen sein. Andererseits ist auch denkbar, eine Hochdruckkraftstoffpumpe mit einem Magnetventil vorzusehen, die dann nacheinander alle Zylinder mit Kraftstoff beaufschlagt.

Es ist bekannt, daß durch eine kleine Kraftstoffmenge, die kurz vor der eigentlichen Haupteinspritzung in den Zylinder eingespritzt wird, das Geräuschverhalten des Motors wesentlich verbessert werden kann. Diese Einspritzung wird als Voreinspritzung bzw. als Piloteinspritzung bezeichnet.

Die Ursache für das Geräuschverhalten des Motors liegt darin, daß der bei der Entflammung des Kraftstoffs im Zylinder entstehende sehr steile Druckanstieg, der für das nagelnde Geräusch des Dieselmotors verantwortlich ist, abgeflacht wird.

Die für die Voreinspritzung erforderliche, im Vergleich zur Haupteinspritzung sehr kleine Voreinspritzmenge, läßt sich aufgrund verschiedener, meßtechnisch nicht erfaßbarer oder auswertbarer Störgrößen, nicht genügend genau zu messen.

Bei einem magnetventilgesteuerten oder einem piezoelektrisch gesteuerten Einspritzsystem, bei dem ein elektrisch ansteuerbarer magnetischer oder piezoelektrischer Aktuator den Druckaufbau des Kraftstoffes steuert, und als Folge davon das druckgesteuerte Öffnen des Einspritzventils eintritt, sind beispielsweise die Hauptstörgrößen die Totzeit  $t_{01}$  zwischen dem Beginn des elektrischen Steuersignals und dem Öffnen der Einspritzventilnadel und die Totzeit  $t_{02}$  zwischen dem Ende des elektrischen Signals und dem Schließen der Einspritzventilnadel.

Diese Größen sind in Fig. 2 dargestellt. In Fig. 2a ist das Ansteuersignal U für eine Einspritzung mit Voreinspritzung und Haupteinspritzung aufgetragen. Die Voreinspritzung weist die Dauer ASDV auf. In Fig. 2b ist der Verlauf des Druckes P in der Einspritzdüse aufgetragen. In Fig. 2c ist der Hub H der Einspritzventilnadel aufgetragen. Diese Signale sind über der Zeit t bzw. über Grad Kurbelwellenwinkel aufgetragen.

Zwischen dem Ansteuerzeitpunkt A, bei dem das Ansteuersignal U von seinem niederen auf einen hohen Signalpegel übergeht, bis zu dem Zeitpunkt SBI bei dem sich die Einspritzventilnadel bewegt, verstreicht die Totzeit  $t_{01}$ . Zwischen dem Absteuerzeitpunkt B und dem Einspritzende, bei dem sich die Einspritzventilnadel wieder in ihrer Ausgangslage befindet, verstreicht die Totzeit  $t_{02}$ .

Nach dem Ansteuerzeitpunkt A baut sich über der Zeit in der Einspritzdüse ein gewisser Druck auf. Dieser Anstieg erfolgt während der Totzeit  $t_{01}$ . Erreicht der Druck einen vorgesehenen Wert, so hebt sich die Einspritzventilnadel und die Einspritzung beginnt.

Nach dem Absteuerzeitpunkt B, bei dem das Ansteuersignal U wieder auf Null abgefallen ist, sinkt der Kraftstoffdruck in der Einspritzdüse über der Zeit ab.

Gleichzeitig geht die Einspritzventilnadel wieder in ihre Ursprungslage zurück.

Im Zeitraum, in dem die Einspritzventilnadel sich aus ihrer Ruhelage herausbewegt hat, erfolgt die Kraftstoffeinspritzung. Für die Einspritzdauer  $t_i$  der Voreinspritzung gilt die Beziehung.

$$t_i = ASDV - (t_{01} - t_{02}).$$

Der Klammerausdruck  $(t_{01} - t_{02})$  stellt die effektive Totzeit dar. Sie wird im folgenden als Totzeit bezeichnet. Dieser Wert schwankt zwischen den einzelnen Zylindern, diese Schwankungen beruhen auf Toleranzen des Kraftstoffeinspritzsystems bestehend aus Einspritzventil, Einspritzleitung und dem Magnetventil. Ferner ändert sich dieser Wert im Laufe der Betriebszeit. Daher ist es erforderlich, daß diese Totzeit sehr genau bestimmt wird.

Die beiden Totzeiten können insbesondere bei der Voreinspritzung größer als die eigentliche Einspritzzeit  $t_i$  sein. Kleine prozentuale Änderungen dieser Totzeiten bewirken daher große prozentuale Änderungen der Einspritzzeit und damit der eingespritzten Kraftstoffmenge. Die Totzeiten können unter anderem aufgrund des exemplarabhängigen Düsenöffnungsdruckes oder der temperaturabhängigen Viskosität des Kraftstoffes oder des toleranzbehafteten elektrisch betätigten Aktuators unterschiedlich sein bzw. sich betriebszeitabhängig ändern.

Ziel der Erfindung ist es nun, die Totzeit fortwährend oder in bestimmten zeitlichen Abständen möglichst genau zu ermitteln. Damit läßt sich die voreingespritzte Kraftstoffmasse wesentlich genauer zu messen.

In Fig. 3 ist der Verlauf des Druckes P im Zylinder und der Hub NH der Magnetventilnadel über der Zeit bzw. über Grad Kurbelwellenwinkel aufgetragen. Mit einer durchgezogenen Linie ist jeweils der Verlauf ohne Voreinspritzung und mit gestrichelter Linie der Verlauf mit Voreinspritzung eingezeichnet. Wie man anhand der Fig. 3 erkennt, bewirkt die Voreinspritzung eine Abflachung des steilen Druckanstiegs des Zylinderdruckes nach der Entflammung des Kraftstoffes.

In Fig. 4 ist das Frequenzspektrum des Druckverlaufs aufgetragen. Mit  $f_N$  ist die Frequenz der Nockenwellenumdrehung eingezeichnet. Mit  $f_k$  ist die Frequenz der Kurbelwellenumdrehung, mit  $3f_N$  ist das dreifache der Nockenwellenumdrehung und mit  $2f_k$  das zweifache der Kurbelwellenumdrehung bezeichnet. Mit einer durchgezogenen Linie ist die Einhüllende des Frequenzspektrums eingezeichnet, wenn keine Voreinspritzung erfolgt. Mit gestrichelter Linie sind die Verhältnisse mit Voreinspritzung dargestellt. Wie man sieht, äußert sich die Voreinspritzung durch eine Absenkung der Amplitude der hohen Frequenzanteile. Anhand dieser Abnahme der Amplitude der hohen Frequenzen im Drucksignal läßt sich feststellen, daß eine Voreinspritzung erfolgt.

Zur Bestimmung der Totzeit wird nun wie folgt vorgegangen.

Ausgehend von einer kurzen Ansteuerdauer ASDV, bei der keine Einspritzung erfolgt, wird die Ansteuerdauer laufend erhöht.

Gleichzeitig wird die Ansteuerdauer mit einer sehr kleinen Amplitude amplitudenmoduliert. Die Ansteuerdauer wird vorzugsweise mit einer Amplitude moduliert, die 0,1 Grad Kurbelwellenwinkel entspricht. Die Modulationsfrequenz  $f_m$ , bezogen auf einen Zylinder, ergibt sich gemäß der folgenden Formel:

$$f_M = 0,5 \cdot N/60 \cdot X$$

Hierbei handelt es sich bei X um einen Faktor, der vorzugsweise die Werte 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, ... 1/K (K ist eine natürliche Zahl größer 2) annehmen kann. Diese Formel gilt vorzugsweise für einen Viertaktmotor.

Bei einem Zweitaktmotor gilt die Formel

$$f_M = N/60 \cdot X$$

Für  $X = 1/2$  bedeutet dies beispielsweise, daß jede zweite Voreinspritzansteuerdauer ASDV um eine Zeit, die 0,1 Grad Kurbelwellenwinkel entspricht, vergrößert wird und daß jede zweite Ansteuerdauer um 0,1 Grad Kurbelwellenwinkel verkleinert wird. Dies ist in Fig. 5a dargestellt. Hier wird beispielsweise eine Ansteuerdauer von abwechselnd 12,7 und 12,9 Grad Kurbelwellenwinkel für die Voreinspritzung gewählt.

Die Ansteuerdauer, bei der gerade eine Voreinspritzung erfolgt, ist mit einer gestrichelten Linie eingezeichnet. Wie in Fig. 5a dargestellt, liegt die Ansteuerdauer deutlich unter der für die Voreinspritzung notwendigen Ansteuerdauer. Anschließend wird die mittlere Ansteuerdauer ASDV solange vergrößert, bis eine Voreinspritzung stattfindet.

In Fig. 5b ist die mittlere Ansteuerdauer ASDV gerade so groß, wie die gesuchte Totzeit. Liegt die Ansteuerdauer 0,1 Grad Kurbelwellenwinkel über der mittleren Ansteuerdauer, so erfolgt eine Voreinspritzung, liegt sie dagegen darunter, so erfolgt keine Voreinspritzung.

In Fig. 5c ist die mittlere Ansteuerdauer so gewählt, daß auch bei verringerter Ansteuerdauer eine Voreinspritzung erfolgt. Bei der Ansteuerung gemäß Fig. 5b und 5c werden nun wie in Fig. 4 dargestellt, vorzugsweise die hohen Frequenzanteile des Spektrums mit genau der Modulationsfrequenz  $f_M$  amplitudenmoduliert. Dies bedeutet, mit der Amplitudenmodulationsfrequenz  $f_M$  wird zwischen verschiedenen Einhüllenden im Spektrum gemäß Fig. 4 hin und hergeschaltet. Bei der Ansteuerung gemäß Fig. 5a tritt eine solche Modulation des Drucksignals P nicht auf.

Diese Modulationsfrequenz  $f_M$  läßt sich nun aus dem Druckverlauf ausfiltern. Dies ist besonders einfach möglich, da die Frequenz  $f_M$  bekannt ist. Die mittlere Ansteuerdauer ASDV wird nun mittels eines einfachen Regelkreises so eingestellt, daß die Modulationsfrequenz  $f_M$  gerade nachweisbar ist. In diesem Fall entspricht die mittlere Ansteuerdauer ASDV der gesuchten Totzeit.

Eine Einrichtung zum Nachweis der Modulationsfrequenz  $f_M$  ist beispielhaft in Fig. 6 dargestellt. Mit 600 ist ein Zylinderdrucksensor bezeichnet. Dessen Ausgangssignal gelangt zu einem Bandpaßfilter, dessen Ausgangssignal gelangt über einen Demodulator 620 zu einem zweiten Bandpaßfilter 630.

Mit dem ersten Bandpaßfilter werden die höherfrequenten Anteile aus dem Signal des Zylinderdrucksensors ausgefiltert. Die Grenzfrequenz des ersten Bandpaßfilters liegen beispielsweise zwischen der 5fachen und der 100fachen Kurbelwellenumdrehung  $f_K$ .

Im anschließenden Demodulator wird das Modulationssignal aufbereitet. Der zweite Bandpaßfilter weist eine geringe Bandbreite aus, seine Mittenfrequenz liegt bei der Modulationsfrequenz  $f_M$ . Am Ausgang des zweiten Bandpaßfilters liegt nur dann ein Signal an, wenn eine Voreinspritzung erfolgt.

Die Eckfrequenzen für das erste Bandpaßfilter, die in der Fig. 6 eingezeichnet sind, stellen nur Richtwerte dar und sind nur als Beispielswerte zu betrachten.

Diese Einrichtung zum Nachweis der Modulationsfrequenz  $f_M$  kann sowohl als analoge Schaltung als auch als Programm eines entsprechenden Mikroprozessors realisiert werden.

Anstelle des Zylinderdrucksensors kann auch ein Körperschallsensor, ein Beschleunigungssensor am Motor oder ein Schallaufnehmer in Form eines Mikrophons verwendet werden. Dabei genügt es, einen Sensor für alle Zylinder vorzusehen. Als Körperschallsensor eignet sich beispielsweise ein Klopfsensor.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Haupteinspritzmenge jeweils um die aktuelle oder gemittelte Voreinspritzmenge reduziert wird, damit der Arbeitspunkt des Motors konstant gehalten werden kann.

Anhand des Flußdiagramms der Fig. 7 soll kurz das Verfahren erläutert werden. In einem ersten Schritt 700 wird erkannt, daß nachfolgend die Korrekturwerte für die Ansteuerdauer ermittelt werden sollen.

Im Schritt 710 wird dann eine mittlere Ansteuerdauer ASDVM für die Voreinspritzung vorgegeben. Diese ist so gewählt, daß sicher keine Voreinspritzung auftritt. Anschließend wird in Schritt 720 die Ansteuerdauer amplitudenmoduliert.

Im Schritt 730 wird das Ausgangssignal eines Sensors gefiltert. Anhand des gefilterten Signals erkennt die Abfrage 740, ob eine Voreinspritzung erfolgt. Ist dies nicht der Fall, so wird im Schritt 750 die mittlere Ansteuerdauer ASDVM um einen kleinen Wert erhöht. Anschließend folgt wieder der Schritt 720.

Erkennt die Abfrage 740, daß gerade eine Voreinspritzung erfolgt, so wird im Schritt 760, ausgehend von der mittleren Ansteuerdauer ASDVM, die Totzeit berechnet.

Ausgehend von der Totzeit bzw. der mittleren Ansteuerdauer bei der gerade eine Voreinspritzung erfolgt, werden Abgleichssignale für Ansteuerimpulse, die die Einspritzung bewirken, gebildet und gespeichert. Vorzugsweise werden diese Abgleichssignale einmal am Ende der Motorfertigung oder in bestimmten Abständen ermittelt. So kann beispielsweise vorgesehen sein, daß diese Ermittlung im Rahmen der Wartung, in festen zeitlichen Abständen, bei bestimmten Kilometerständen oder bei Vorliegen bestimmter Betriebszustände, wie zum Beispiel anschließend an den Startvorgang, durchgeführt wird.

Desweiteren ist es möglich, anstelle der bisher beschriebenen Sensoren Motordrehmomentsensoren oder Motordrehzahlsensoren zu verwenden. In diesem Fall darf die Haupteinspritzmenge nicht oder nur um die mittlere Voreinspritzmenge verringert werden.

Betrachtet man die Motordrehzahl bzw. das Motordrehmoment, so erfolgt bei einer Ansteuerung gemäß Fig. 5b bzw. 5c eine Modulation des Motordrehmoments bzw. der Motordrehzahl. Im Falle der Ansteuerung gemäß Fig. 5a erfolgt keine Modulation des Drehmoments bzw. der Drehzahl. Mittels eines Bandpaßfilters mit der Frequenz

$$f_M = 1/2 \cdot N/60 \cdot X$$

läßt sich die Modulationsfrequenz im Motordrehmoment bzw. im Motordrehzahlverlauf nachweisen. Obige Formel gilt für 4-Takt-Motoren. Bei 2-Takt-Motoren gilt die Beziehung:

$$f_M = N/60 \cdot X$$

Wird diese Modulation des Drehzahlsignals bzw. des

Drehmomentsignals nachgewiesen, so ist wiederum die Ansteuerdauer größer als die gesuchte Totzeit.

Die mittels dieses Verfahrens ermittelten Totzeiten, können auch zur Korrektur der Ansteuerdauer bei der Haupteinspritzung herangezogen werden.

anhand des Ausgangssignals eines Sensors eine erfolgte Voreinspritzung erkennen.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems insbesondere einer Hochdruckkraftstoffpumpe, bei dem wenigstens ein elektrisch betätigbares Ventil die einzuspritzende Kraftstoffmenge festlegt wobei in bestimmten Betriebszuständen die Totzeit des Kraftstoffeinspritzsystems ermittelbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der Totzeit die Ansteuerdauer der Voreinspritzung mit definierter Frequenz und Amplitude zeitlich moduliert und ausgehend von einem kleinen Wert, bei dem keine Voreinspritzung erfolgt, erhöht wird, bis anhand des Ausgangssignals eines Sensors eine erfolgte Voreinspritzung erkannt wird.
2. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal eines Zylinderdrucksensors, eines Körperschallsensors, eines Beschleunigungssensors, eines Schallaufnehmers im Motorraum, eines Motordrehmomentsensors oder eines Drehzahlsensor ausgewertet wird.
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine erfolgte Voreinspritzung erkannt wird, wenn am Ausgang eines Filtermittels, dem das Ausgangssignal des Sensors zugeführt wird, ein Signal anliegt.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulationsfrequenz abhängig von der Motordrehzahl vorgebar ist.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Filtermittel ein Bandpaßfilter verwendbar ist, dessen untere Grenzfrequenz wesentlich höher liegt, als die Motordrehzahl.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Filtermittel ein Bandpaßfilter, dessen Mittenfrequenz der Modulationsfrequenz entspricht, verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ausgehend von der Totzeit Abgleichsignale für Ansteuerimpulse, die die Einspritzung bewirken, gebildet und gespeichert werden.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgleichsignale einmal am Ende der Motorfertigung oder in bestimmten Abständen ermittelt werden.
9. Vorrichtung zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems insbesondere für eine Hochdruckkraftstoffpumpe, mit wenigstens einem elektrisch betätigbaren Ventil, das die einzuspritzende Kraftstoffmenge festlegt, mit Mitteln die in bestimmten Betriebszuständen die Totzeit des Kraftstoffeinspritzsystems ermitteln, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die zur Ermittlung der Totzeit die Ansteuerdauer der Voreinspritzung mit definierter Frequenz und Amplitude zeitlich modulieren und ausgehend von einem kleinen Wert, bei dem keine Voreinspritzung erfolgt, erhöhen, bis sie

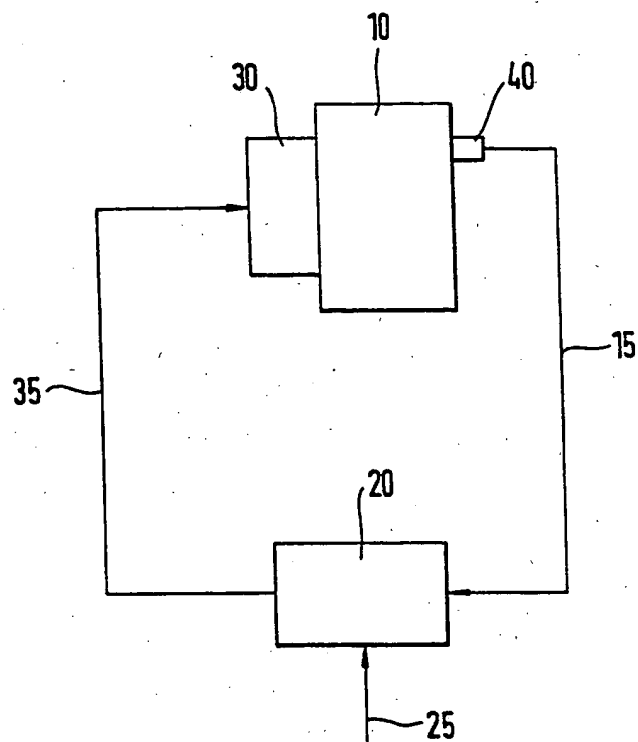


Fig.1

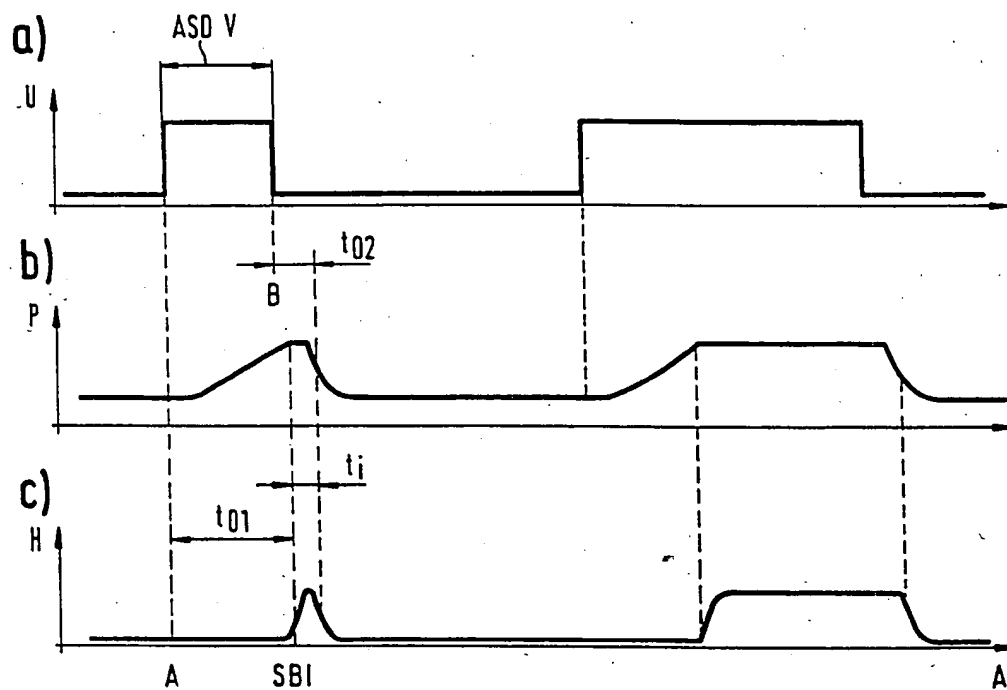


Fig.2

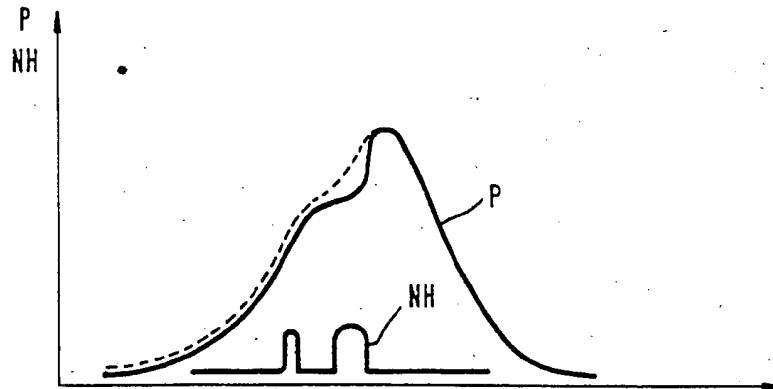


Fig.3

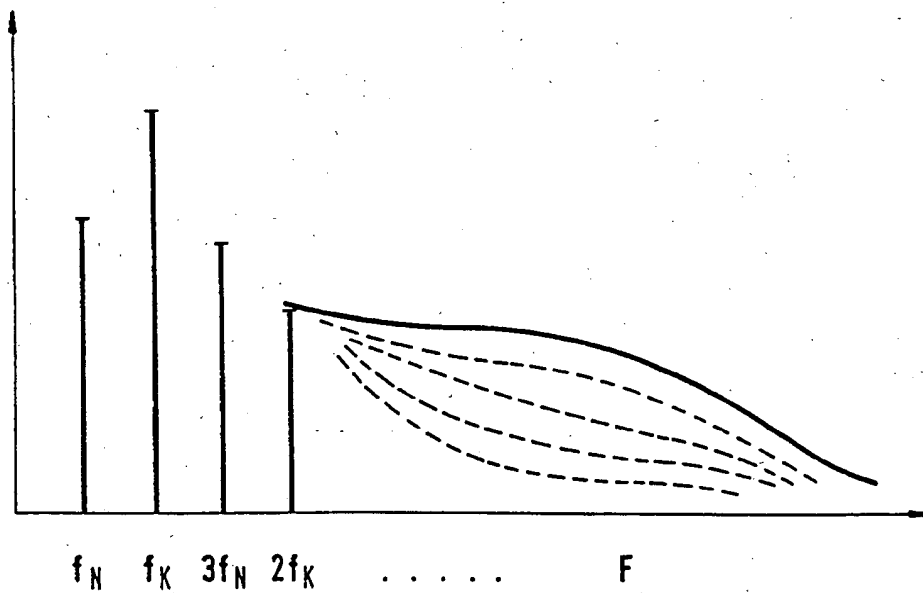


Fig.4



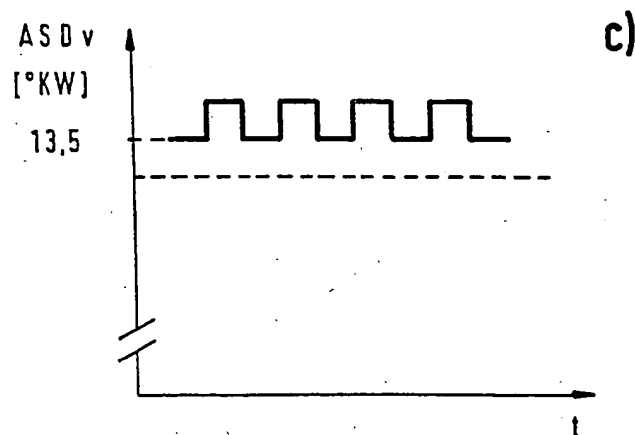
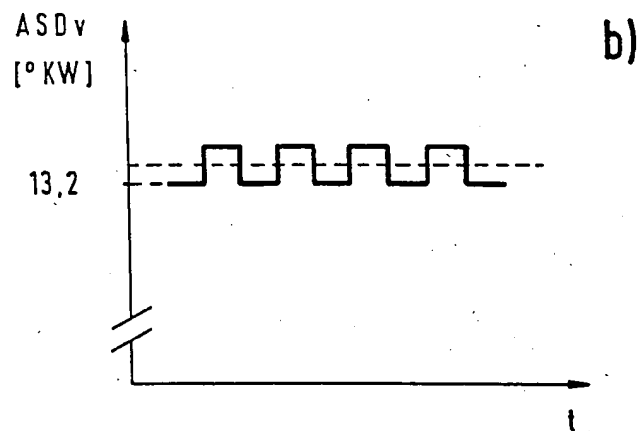
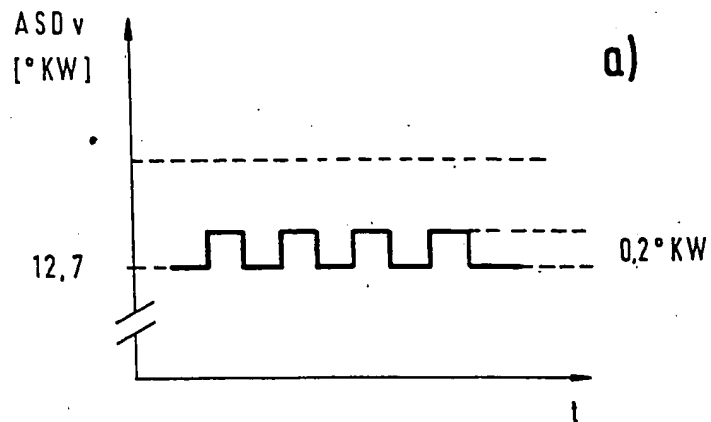


Fig.5

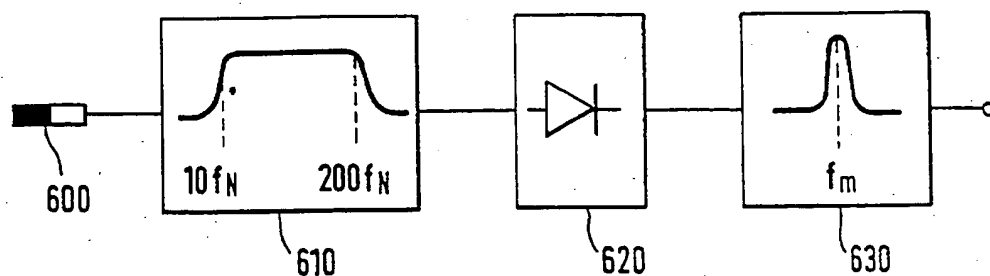


Fig.6

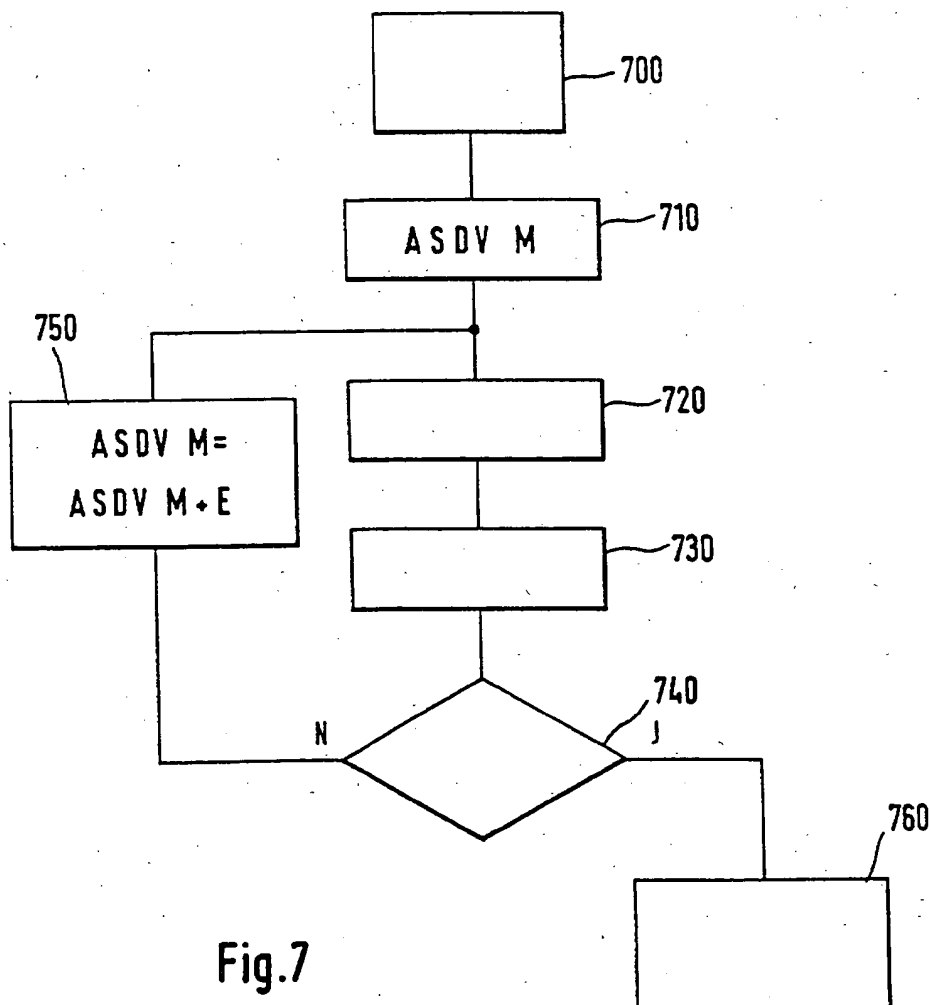


Fig.7